

**PEMANFAATAN LIMBAH CAIR BIOGAS PKS PTPN V TANDUN  
UNTUK PRODUKSI MIKROALGA *Chlorella* sp.**

*The Effectiveness of Liquid Waste Originated From Biogas Processing in the Palm Oil Industry PTPN V Tandun for Chlorella sp. Biomass Production*

**Oleh**

**Yuni Yolanda<sup>1)</sup>, Budijono<sup>2)</sup>, T. Dahril<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau

<sup>2)</sup>Dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau

Yolanda\_yuni@yahoo.co.id

**ABSTRACT**

A study has been conducted in December 2015. Different amount of waste was mixed with aquadest, there were P0 (0% waste), P1 (15% waste), P2 (20% waste) and P3 (25% waste) and the waste was used as nutrient source for the microalgae. Samplings were conducted once/ 5 days during a 20 days period. Parameters measured were the biomass of *Chlorella* sp., Nitrate (NO<sub>3</sub>), phosphate (PO<sub>4</sub>), BOD, pH, temperature, and TDS. Results shown that by the end of the experiment, the highest *Chlorella* sp. biomass production was 5.89 mg/L (in the P3). During the research, the nutrient available in the media decreased, from 18.4 to 4.3 mg/L (Nitrate) and from 1.37 to 0.32 mg/L (Phosphate), indicating that the nutrient have been used for growing the microalgae. Based on data obtained, it can be concluded that the biogas processing waste from the Palm Oil Industry is effective nutrient source for *Chlorella* sp.

**Keyword:** Liquid waste of biogas Palm Oil Industry, Mikroalgae, *Chlorella* sp.

**ABSTRAK**

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2015. Konsentrasi berbeda dari limbah yang diencerkan dengan aquades meliputi P1 (0% limbah), P2 (15% limbah), P3 (20 % limbah) dan P4 (25% limbah) dan limbah cair digunakan sebagai sumber nutrisi untuk mikroalga *Chlorella* sp. Pengambilan sampel dilakukan sekali/5 hari selama 20 hari. Parameter yang diukur adalah biomassa *Chlorella* sp., Nitrat (NO<sub>3</sub>), Fosfat (PO<sub>4</sub>), BOD, pH, suhu, dan TDS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi biomassa *Chlorella* sp. tertinggi adalah 5,89 mg/L (P4). Kandungan unsur hara yang dimanfaatkan adalah 18,4 – 4,3 mg/L (Nitrat) dan 1,37 – 0,32 mg/L (Fosfat). Berdasarkan data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa unsur hara limbah cair biogas PKS dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi yang efektif untuk pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp.

**Kata Kunci:** Limbah cair biogas PKS, Mikroalga, *Chlorella* sp.

## PENDAHULUAN

Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit (PKS) saat ini adalah dengan memanfaatkan sebagai pupuk untuk perkebunan kelapa sawit atau yang sering disebut land application. Salah satu pemanfaatan lain adalah untuk produksi biogas pembangkit tenaga listrik yang sudah dilakukan oleh PTPN V Tandun.

Limbah cair biogas PKS mengandung unsur hara makro yaitu N= 675 mg/L, P= 90-100 mg/L, K= 2.400 mg/L, Ca= 860 mg/L, dan Mg= 800 mg/L serta unsur hara mikro yaitu Fe= 126 mg/L, Mn= 9,22 mg/L, Zn= 1,1 mg/L, dan B= 5,18 mg/L (Biogas Plant Tandun, 2015) yang dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. sehingga dapat mengurangi penggunaan trace metal sebagai larutan standar *Chlorella* sp.

*Chlorella* sp. adalah mikroalga yang mampu hidup di perairan tercemar karena memiliki phytohormon dan polyamine untuk beradaptasi pada lingkungan tercemar (Niczyporuk, 2012). Oleh sebab itu kandungan unsur hara yang tinggi pada limbah cair biogas PKS dapat dimanfaatkan untuk melakukan proses fotosintesis. Selain itu hasil panen kultur *Chlorella* sp. ini memiliki banyak manfaat karena dapat dimanfaatkan untuk pakan alami ikan, dan juga membantu memenuhi kebutuhan gizi yang tinggi bagi manusia karena *Chlorella* sp. mengandung protein 45%, lemak 20%, karbohidrat 20%, serat 5%, mineral dan vitamin 10% (Zainal, 2013).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah cair biogas PKS serta mencari konsentrasi terbaik

untuk produksi biomassa *Chlorella* sp.

## METODE PENELITIAN

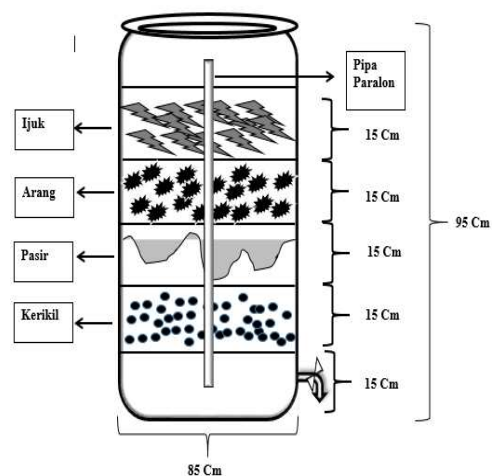
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2015 di Laboratorium Pengolahan Limbah Faperika Universitas Riau. Bahan yang digunakan adalah starter  $2492 \times 10^3$  ml mikroalga *Chlorella* sp., 7200 ml limbah cair biogas PKS, kertas Whatman 0.1  $\mu$ m, 42000 ml aquades, dan alkohol 96%. Alat yang digunakan adalah 12 unit galon air model guci pet volume 12 l/galon, 12 unit lampu LED 5W, aerator, pH meter dan TDS meter.

### 1. Metode Penelitian

Penelitian eksperimen yang digunakan dengan rancangan acak lengkap (RAL) 1 faktor dan 4 taraf perlakuan dengan 3 kali ulangan. Respon yang diamati meliputi Nitrat, Posfat, BOD, suhu, pH, TDS, dan biomassa *Chlorella* sp.

Penelitian ini dimulai dengan mengambil dan menyaring limbah cair biogas PKS kedalam wadah penyaring dengan jumlah volume limbah cair sebanyak 7200 ml.

Adapun rancangan saringan limbah cair awal dapat dilihat pada Gambar 1.

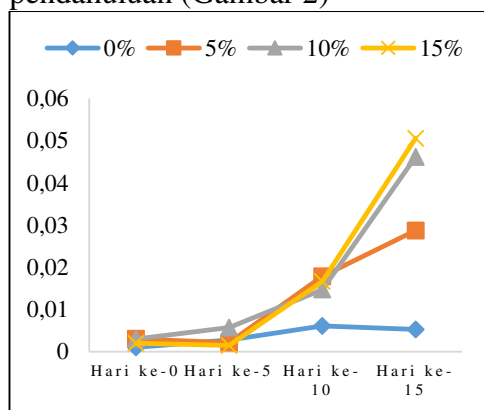


Gambar 1. Instrumen saringan LC

Selanjutnya adalah mensteril alat yang dilakukan dengan cara alat dicuci dengan sabun dan dibilas dengan air tawar sampai bersih, kemudian disemprot dengan alkohol 96%, dan dibiarkan kering di udara. Sedangkan untuk sterilisasi limbah cair dengan cara dipanaskan diatas kompor sampai suhu mencapai 100°C.

#### a. Penelitian Pendahuluan

Limbah yang sudah disterilkan dimasukkan ke dalam 8 botol kultur 600 ml dan dilakukan pengenceran dengan aquades. Masing-masing konsentrasi limbah yaitu P0 0%, P1 5%, P2 10%, dan P3 15%. Lalu dihitung biomassa *Chlorella* sp. setiap 5 hari sekali dalam 15 hari sehingga diperoleh hasil dari uji pendahuluan (Gambar 2)



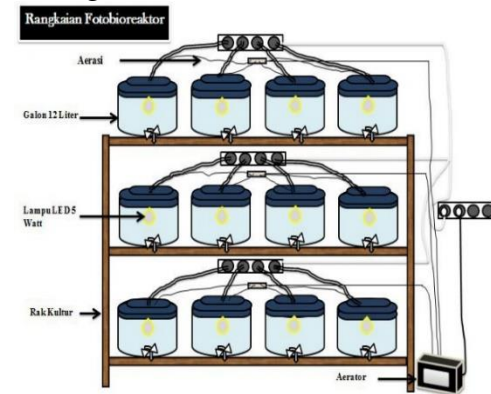
**Gambar 2. Grafik Biomassa Penelitian Pendahuluan**

Berdasarkan penelitian pendahuluan diketahui bahwa hasil biomassa tertinggi adalah biomassa pada konsentrasi limbah 15%. Oleh sebab itu untuk penelitian utama konsentrasi limbah dinaikkan menjadi:

- P0 = 0% (tanpa limbah cair biogas)
- P1 = 15% limbah cair biogas
- P2 = 20% limbah cair biogas
- P3 = 25% limbah cair biogas

Masing-masing konsentrasi limbah cair biogas dimasukkan ke dalam fotobioreaktor. Dimana

rangkaian fotobioreaktor yang digunakan adalah galon model guci pet 12 liter, pada bagian tutup galon diberi lubang untuk melekatkan lampu LED sebagai pencahayaan dan lubang aerasi. (Gambar 3)



**Gambar 3. Fotobioreaktor**

Penghitungan biomassa *Chlorella* sp. dilakukan setiap 5 hari sekali selama 20 hari. Mikroalga dipanen dengan cara disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman No. 1 lalu dibilas dengan akuades. Kertas saring dan hasil panen kemudian dikeringkan dalam oven selama 60 menit kemudian ditimbang. Berat kering produksi biomassa *Chlorella* sp. didapat dari mengurangi berat kering kertas saring *Chlorella* sp. dengan berat kering kertas saring awal (Pangabea, 2010).

$$PB = B_x - B_o$$

Keterangan:

PB: Produksi Biomassa (gr/l/hari)

Bx: Berat Akhir (gr/l)

Bo: Berat Awal (gr/l)

Analisis data pada penelitian ini melalui Uji One Way Anova. Apabila  $F_{hitung} > F_{tabel}$  5%, maka  $H_0$  ditolak. Apabila terjadi perbedaan yang nyata, maka dilanjutkan dengan uji BNT dengan taraf signifikansi 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Produksi Biomassa *Chlorella* sp.

Berdasarkan hasil pengamatan untuk biomassa *Chlorella* sp. (Tabel 1) diperoleh hasil terendah adalah kontrol (P0) yaitu 2,15 mg/L dan tertinggi 25% (P3) adalah 5,89 mg/L. Hal ini didukung karena tingginya kadar nutrisi N dan P pada

konsentrasi 25% yaitu nitrat 10,63 mg/L dan posfat 0,873 mg/L, dimana unsur hara yang terdapat pada medium limbah cair biogas PKS dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp. untuk proses fotosintesis sehingga populasi dan kelimpahan biomassa meningkat (Garno, 1998).

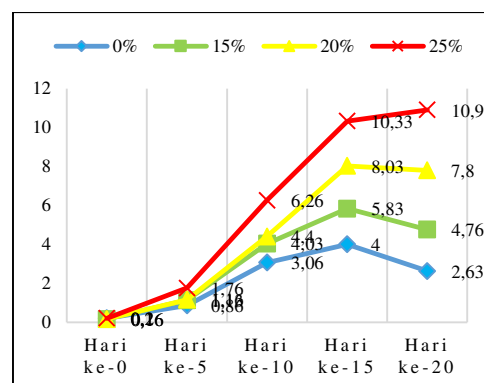
**Tabel 1. Hasil Produksi Biomassa *Chlorella* sp.**

Perlakuan	Ulangan						Rata-rata
	1		2		3		
	Mg/L/persen (%)						
P0	2,08	0,002	2,46	0,002	1,92	0,001	2,15 ± 0,00030 <sup>a</sup>
P1	3,34	0,003	3,38	0,003	2,84	0,002	3,18 ± 0,00032 <sup>a</sup>
P2	4,78	0,004	3,94	0,003	4,22	0,004	4,31 ± 0,00113 <sup>b</sup>
P3	6,34	0,006	4,56	0,004	6,78	0,006	5,89 ± 0,00155 <sup>c</sup>

Sumber: Data Primer

Berdasarkan penelitian Fitriani dan Tryas (2008), dengan kandungan nitrat (NO<sub>3</sub>) 0,234 – 1,186 mg/L dan posfat (PO<sub>4</sub>) 0,277 – 1,025 mg/L pada limbah dapat menghasilkan kelimpahan *Chlorella* sp. mencapai 1653,77x10<sup>4</sup> sel/ml dan 1874,57x 10<sup>4</sup> sel/ml.

Faktor lain yang mempengaruhi produksi biomassa *Chlorella* sp. dalam memanfaatkan unsur-unsur hara dalam medium kultur limbah cair biogas PKS adalah pH dimana pH pada P3 yaitu 8,3 – 8,43 sedangkan untuk P0 adalah 5,93 – 6,03 sesuai menurut Morel (1983) pada pH 7-9 terdapat dua kemungkinan pemanfaatan nitrogen dari nutrisi dalam medium oleh sel mikroalga, yaitu pemanfaatan nitrogen dalam bentuk nitrat dan ammonium



**Gambar 4. Grafik Biomassa Penelitian Utama**

Dilihat dari grafik biomassa pada hari ke-0 belum menunjukkan jumlah produksi biomassa yang signifikan. Hal ini dikarenakan fase adaptasi *Chlorella* sp. terjadi sangat singkat yaitu sebelum 24 jam. Menurut Fogg dan Thake (1987) dalam Prihantini dkk., (2005) bahwa salah satu faktor yang menentukan fase adaptasi adalah sel-sel yang diinokulasi cepat beradaptasi terhadap media kultur yang baru sehingga mampu tumbuh dan membelah dengan cepat.

Sedangkan pada hari ke-5 sampai hari ke-15 produksi biomassa

*Chlorella* sp. sangat jauh meningkat yang disebabkan bahwa sel *Chlorella* sp. telah memasuki fase eksponensial dimana pada fase ini ditandai dengan pembelahan sel-sel baru dan laju pertumbuhan tetap. Pada kondisi kultur yang optimum laju pertumbuhan pada fase ini mencapai maksimal (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995), dimana puncak produksi biomassa tertinggi terjadi pada hari ke-15.

Pada hari ke-16 sampai hari ke-20 terjadi penurunan jumlah produksi biomassa dikarenakan sel *Chlorella* sp. memasuki fase stasioner dimana tidak terjadi proses pembelahan sel lagi yang artinya laju pertumbuhan dengan laju kematian seimbang. Sedangkan pada hari ke-20 terjadi penurunan produksi biomassa kecuali pada P3 karena sel *Chlorella* sp. pada P0, P1, dan P2 sudah memasuki fase kematian dimana fase kematian lebih tinggi dibandingkan dengan

pertumbuhan sehingga biomassa menjadi turun.

Hasil anava menunjukkan adanya pengaruh sangat nyata dari pemanfaatan konsentrasi limbah cair biogas PKS yang berbeda (0, 15, 20 dan 25 mL<sup>-1</sup>) terhadap produksi biomassa *Chlorella* sp. Dari uji lanjut BNT biomassa tertinggi adalah P3 yang memberikan perbedaan sangat nyata terhadap P0. (Tabel 2)

**Tabel 2. Hasil Uji ANOVA untuk Biomassa *Chlorella* sp.**

	df	F <sub>Hitung</sub>	F <sub>Tabel</sub>	Sig
Perlakuan	3	3,913	4,07	,001**
Galat	8			
Total	11			

Keterangan:

\*\* : Sangat berbeda nyata pada taraf 99% ( $\alpha=0,01$ )

## 2. Parameter Limbah Cair Biogas PKS

Pengukuran kandungan unsur hara dilakukan pada hari ke-0, hari ke-5, hari ke-10, hari ke-15 dan hari ke-20. Hasil parameter yang diperoleh adalah sebagai berikut:

**Tabel 3. Hasil Parameter Limbah Cair Biogas PKS**

Parameter		Perlakuan			
		P0	P1	P2	P3
Nitrat	Awal	4,1	18,4	13,8	15,5
	Akhir	0,4	3,3	2,4	4,3
Posfat	Awal	1,12	0,94	1,16	1,37
	Akhir	0,51	0,11	0,17	0,32
BOD	Awal	11,5	15,1	14,5	14
	Akhir	29,1	37,3	48,9	35,1
pH	Awal	6,03	6,96	7,8	8,33
	Akhir	6,03	6,96	7,63	8,3
Suhu	Awal	29,5	29,8	29,6	29,7
	Akhir	29,6	29,4	29,5	29,3
TDS	Awal	72	718	843	951
	Akhir	99	740	820	881

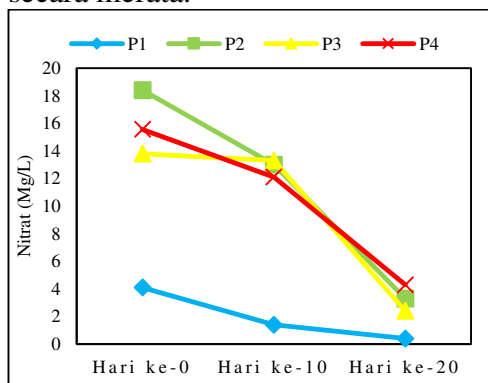
Sumber: Data Primer

### Nitrat (NO<sub>3</sub>)

Berdasarkan Tabel 3, kandungan Nitrat awal tertinggi adalah P1 18,4 mg/L dan terendah adalah P0 4,1 mg/L. Pada umumnya semakin tinggi konsentrasi limbah cair maka

semakin banyak jumlah unsur hara yang terkandung (Lubis, 2014). Oleh sebab itu seharusnya kandungan nitrat tertinggi adalah P3 kesalahan ini mungkin terjadi pada saat proses pengenceran pada P1 dimana limbah

yang diencerkan belum teraduk secara merata.

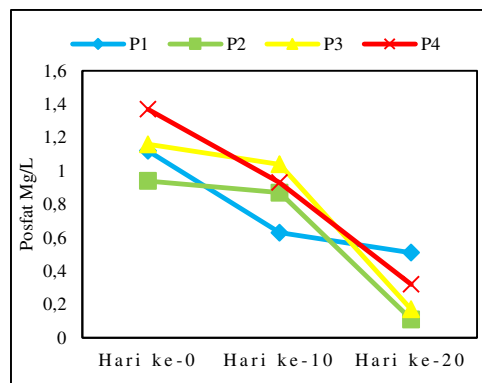


**Gambar 5. Grafik Penurunan Nitrat**

Sampai hari ke-20 kandungan nitrat pada masing-masing perlakuan mengalami penurunan (Gambar 5) hal ini disebabkan karena kandungan nitrat dimanfaatkan untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. dimana nutrisi utama yang paling dibutuhkan fitoplankton bagi pertumbuhan adalah nitrogen dalam bentuk nitrat (Nybakken, 1988).

- **Posfat (PO<sub>4</sub>)**

Dari Tabel 3 kandungan posfat awal tertinggi adalah P3 1,37 mg/L dan terendah adalah P1 0,94 mg/L dimana P1 lebih rendah dari P0 (kontrol) hal ini sama dengan yang terjadi pada kandungan nitrat P1 lebih tinggi dari perlakuan P0, P1, dan P2 sehingga kesalahan juga mungkin terjadi pada saat pengenceran limbah dengan aquades pada P1 dimana limbah yang akan diencerkan belum teraduk secara merata. Namun, kandungan posfat pada setiap perlakuan memenuhi syarat untuk dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp. karena nilai posfat yang optimum untuk kehidupan mikroalga adalah 0,018 – 27,8 mg/L (Mas'ud, 1993).



**Gambar 6. Grafik Penurunan Posfat**

Pada hari ke-20 kandungan posfat mengalami penurunan (Gambar 6) yaitu P3 (0,32 mg/L, P2 (0,17 mg/L), P1 (0,11 mg/L) dan P0 (0,51 mg/L). Hal ini disebabkan karena posfat telah dimanfaatkan oleh *Chlorella* sp. untuk pembentukan klorofil dan pembelahan sel, sehingga semakin cepat pembelahan sel terjadi maka semakin cepat pertumbuhan dan kepadatan sel (Amini, 2004).

- **BOD**

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa pada hari ke-0 kandungan BOD pada setiap perlakuan hampir sama yaitu P0 (11,5 mg/L), P1 (15,1 mg/L), P2 (14,5 mg/L), dan P3 (14 mg/L). Pada hari ke-10 P0 mengalami penurunan sedangkan P1, P2, dan P3 meningkat, hal ini disebabkan karena produksi biomassa *Chlorella* sp. terendah adalah P0, dimana adanya sel *Chlorella* sp. yang tidak mampu beradaptasi pada setiap perlakuan akan mati sehingga sel yang mati akan mengendap di dasar fotobioreaktor lalu didekomposisi oleh bakteri pembusuk menjadi bahan organik. Karena adanya aktivitas mikrobia pembusuk bahan organik ini yang mengakibatkan TSS (*Total Soluble Solid*) dan BOD (*Biological Oxygen Demand*) menjadi naik sehingga DO (*Dissolved Oxygen*) rendah (Khusnuryani, 2008).

Namun, pada hari ke-20 terlihat jelas bahwa P0, P1, P2, dan P3 mengalami peningkatan BOD secara signifikan hal ini juga didukung dengan hasil biomassa pada hari ke-20 sel *Chlorella* sp. sudah memasuki fase kematian. Pada dasarnya fluktuasi nilai BOD berbanding lurus dengan pertambahan sel. Nilai BOD naik pada saat jumlah sel cenderung naik (Carolina, 2012).

#### • pH

Dari Tabel 3 terlihat bahwa pH tertinggi P3 berkisar antara 8,3 – 8,5 sedangkan terendah P0 5,93 – 6,03, hal ini disebabkan karena P3 mengandung konsentrasi limbah paling tinggi yaitu 25% sedangkan P0 tidak adanya penambahan limbah yaitu 0% (kontrol). Alkalinitas atau jumlah basa yang terkandung di dalam badan air biasanya berkaitan dengan kesadahan air dimana faktor yang membuat kesadahan air tinggi adalah kandungan garam-garam mineral di dalam perairan seperti Mg, Cu, Ca, dan Fe (Effendi, 2003). Hal ini juga didukung dengan kandungan garam mineral yang tinggi terkandung di dalam limbah cair PKS yaitu Mg 615 mg/L, Cu 0,89 mg/L, Ca 439 mg/L, dan Fe 46,5 mg/L (Ngan, 2000), oleh sebab itu semakin tinggi konsentrasi limbah yang diujikan sebagai media kultur maka semakin tinggi kadar pH atau semakin basa (alkali).

Kadar pH pada P3 (8,3-8,5), P2 (7,3-7,8), dan P1 (6,96-7,06) sangat baik untuk mendukung pertumbuhan *Chlorella* sp. namun untuk kadar pH pada P0 (5,93-6,03) belum mendukung untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. karena pada umumnya alga melakukan fotosintesis pada pH 7-9. Pada pH diatas 9 proses fotosintesis akan terhambat sehingga

penyerapan nutrisi dan pertumbuhan juga terhambat (Afandi, 2003).

Perubahan kadar pH pada hari ke-0 sampai hari ke-20 tidak mengalami perubahan secara signifikan namun setiap perlakuan P0, P1, P2, dan P3 mengalami penurunan pada hari ke-20 hal ini disebabkan karena mikronutrien seperti Mn, Fe, Cu, dan Mg yang terkandung pada limbah cair biogas PKS juga dibutuhkan oleh *Chlorella* sp. dalam jumlah sedikit.

#### • Suhu

Pada Tabel 3 suhu hari ke-0 pada P0, P1, P2, dan P3 relatif sama yaitu berkisar 29,5-29,8 °C hal ini disebabkan karena setiap pencahayaan yang digunakan di dalam masing-masing fotobioreaktor sama dimana radiasi dari setiap lampu dapat menghantarkan perpindahan panas ke dalam medium kultur secara langsung. Namun, dalam keadaan suhu ini mikroalga dapat tumbuh dengan optimal karena kisaran suhu optimal bagi perkembangbiakan *Chlorella* sp. adalah antara 25-30 °C (Isnansetyo dan Kurniastuty 1995). Pada hari ke-5 sampai hari ke-20 sangat terlihat jelas tidak ada perubahan yang sangat nyata dimana suhu hanya mengalami penurunan menjadi kisaran 29,3 – 29,6 °C. Seharusnya, metabolisme bisa mempengaruhi suhu medium. Pada proses katabolisme (pemakaian nutrisi), temperatur medium menjadi lebih tinggi karena katabolisme bersifat eksoterm. Namun medium pada percobaan ini lebih terpengaruh temperatur ruangan dari AC (*Air Conditioner*) serta pencahayaan langsung di dalam medium kultur daripada metabolisme yang ada.

### • TDS

Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat bahwa adanya perbedaan kandungan TDS awal pada setiap perlakuan dimana tertinggi adalah P3 yaitu 951 mg/L dan terendah P0 adalah 72 mg/L. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi limbah cair maka zat organik, garam organik dan gas terlarut yang terkandung juga semakin tinggi (Togatorop, 2009).

setiap perlakuan mengalami peningkatan pada hari ke-0 sampai hari ke-10. Hal ini menunjukkan bahwa bahan organik yang berukuran kecil  $\leq 1 \mu\text{m}$  belum terdegradasi secara sempurna menjadi gas dan adanya peningkatan biomassa mikroorganisme yang berukuran lebih kecil dari kertas saring ukuran  $1 \mu\text{m}$  (Carolina, 2012). Sedangkan pada hari ke-15 dan hari ke-20 kandungan TDS menurun. Hal ini disebabkan pada partikel terlarut telah terkonversi ke dalam bentuk gas yang dikeluarkan sebagai hasil samping proses biodegradasi oleh mikroorganisme (Retnosari, 2013)

### KESIMPULAN

Pemanfaatan limbah cair biogas PKS sebagai media kultur pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. dengan konsentrasi berbeda memberikan pengaruh sangat nyata untuk memproduksi biomassa mikroalga *Chlorella* sp. Produksi *Chlorella* sp. tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 25% yaitu 5,98 mg/L dengan kandungan nitrat awal 15,5 mg/L menjadi 4,3 mg/L dan Posfat 1,37 mg/L menjadi 0,32 mg/L.

### DAFTAR PUSTAKA

Amini, S. 2004. Pengaruh Umur Ganggang jenis *Chlorella* sp dan *Dunaliella* sp terhadap pigmen klorofil dan Karotenoid

Sebagai Bahan Baku Makanan Kesehatan. Seminar Nasional & Temu Usaha, Fakultas Pertanian Universitas Sahid, Jakarta.

Anonim, 2015. Biogas Plant Tandun: PTPN V Tandun. Pekanbaru.

Carolina, Sriharti, dan Neni. 2012. *Netralisasi Limbah karet Oleh Beberapa Jenis Mikroalga*. Prosiding Seminar Perhimpunan Bioteknologi Pertanian Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan LIPI Subang: 433-439.

Isnansetyo, A. dan Kurniastuty. 1995. Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Khusnuryani, A. 2008. Mikrobia Sebagai Agen Penurun Posfat pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta

Ngan, M.A. 2000. "Management Of Palm Oil Industrial Effluents". Advance In Oil Palm Research, Malaysian Palm Oil Board, Malaysia. Vol. 2

Niczyporuk, B., Zambrzycka, & Żyłkiewicz. 2012. Phytohormones as regulators of heavy metal biosorption and toxicity in green alga *Chlorella vulgaris* (Chlorophyceae). Plant Physiology and Biochemistry, 52, 52 – 65.



- Nybakken, J. W. 1988. Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologi. Alih bahasa oleh M. Eidman, Koesoebiono, D.G. Bengen, M. Hutomo & S. Sukarjo. Gramedia . Jakarta. 459 hal.
- Panggabean, L. M. G., Hartono, R., Saveya, V. S., dan Sitorus S. 2010. Pengaruh Injeksi Karbon Dioksida Terhadap Pertumbuhan *Chlorella* Sp. Dan *Nannochloropsis oculata*. Prosiding Seminar Nasional Limnologi V Tahun 2010. Hal 704.
- Retnosari, dan Maya S. 2013. “Kemampuan Isolat *Bacillus* sp. dalam Mendegradasi Limbah Tangki Septik” Jurnal Sains Dan Seni Pomits Vol. 2(1): 2337-3520
- Zainal, M. 2013. “Manfaat *Spirulina* sp. dan *Chlorella* sp.” <http://ashshiddiqagency.selayar.blogspot.co.id>. Diakses pada tanggal 13 September 2015